同期発電機平行運転実験装置

PRD-120P-A
PRD-120P-B

取扱説明書

お願い
この取扱説明書は、実際に御使用になられる方のお手元にも必ず届くよう、お取り計らい下さい。

株式会社 精工社製作所

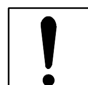
PRD-120P　IN No.4154

1.もくじ

2.安全上の御注意

据付、運転、保守、点検の前に必ずこの取扱説明書とその他の付属書類をすべてについて熟読し、正しく御使用ください。機器の知識、安全の情報、そして注意事項の全てについて習熟してから御使用ください。

この取扱説明書では、安全注意事項のランクを「高度の危険」、「危険」、「注意」として区分してあります。

 高度の危険	取扱を誤った場合に、極度に危険な状況が起こりえて、死亡又は重傷を受ける可能性が想定される場合。
 危　険	取扱を誤った場合に、危険な状況が起こりえて、死亡又は重傷を受ける可能性が想定される場合。
 注　意	取扱を誤った場合に、危険な状況が起こりえて、中程度の傷害や軽傷を受ける可能性が想定される場合及び物的損害のみの発生が想定される場合。



に記載した事項でも、状況によっては重大な結果に結びつく可能性があります。いずれも重要な内容を記載しておりますので、必ず守って下さい。

2.安全上の御注意



危　険

● 危険な為、運搬したり据え付ける場合は、本体の下に手や足を絶対に入れないで下さい。

● 感電の危険がある為、配線工事をする場合は電源を必ず切り、確認の後に工事を行って下さい。

● 火災の危険がある為、水滴の掛かった状態での運転は絶対にしないで下さい。

● 感電の危険がある為、濡れた手での操作は絶対にしないで下さい。

● 感電の危険がある為、電気回路、器具等の保守点検を行う場合は電源を「OFF」にして行って下さい。

● クラッチカップリングを入り・切りする場合は、回転が完全に停止している事を確認の上行って下さい。



注　意

● 感電を防ぐ為、アース端子を接地して下さい。

● 本器への損傷を防ぐ為、抵抗器又は変圧器のタップ位置は正当な理由のない限り変更しないで下さい。

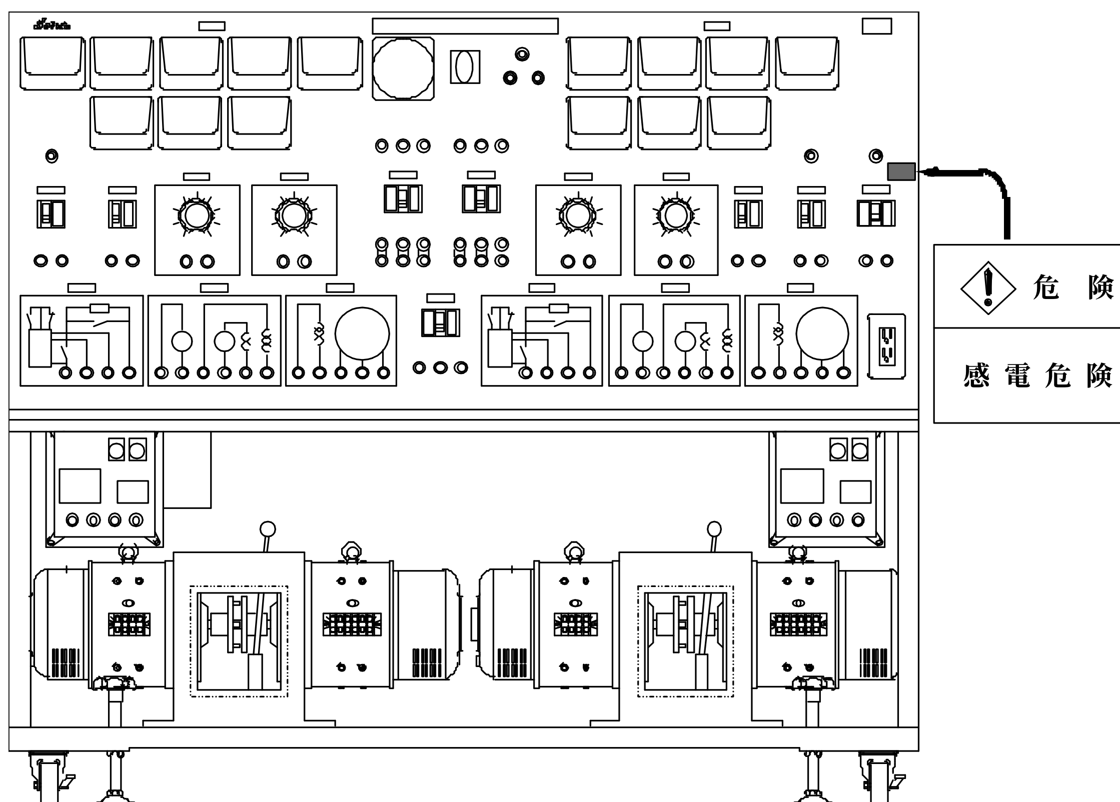
● 転倒の恐れがある為、キャスタ付機器の上に乗らないで下さい。

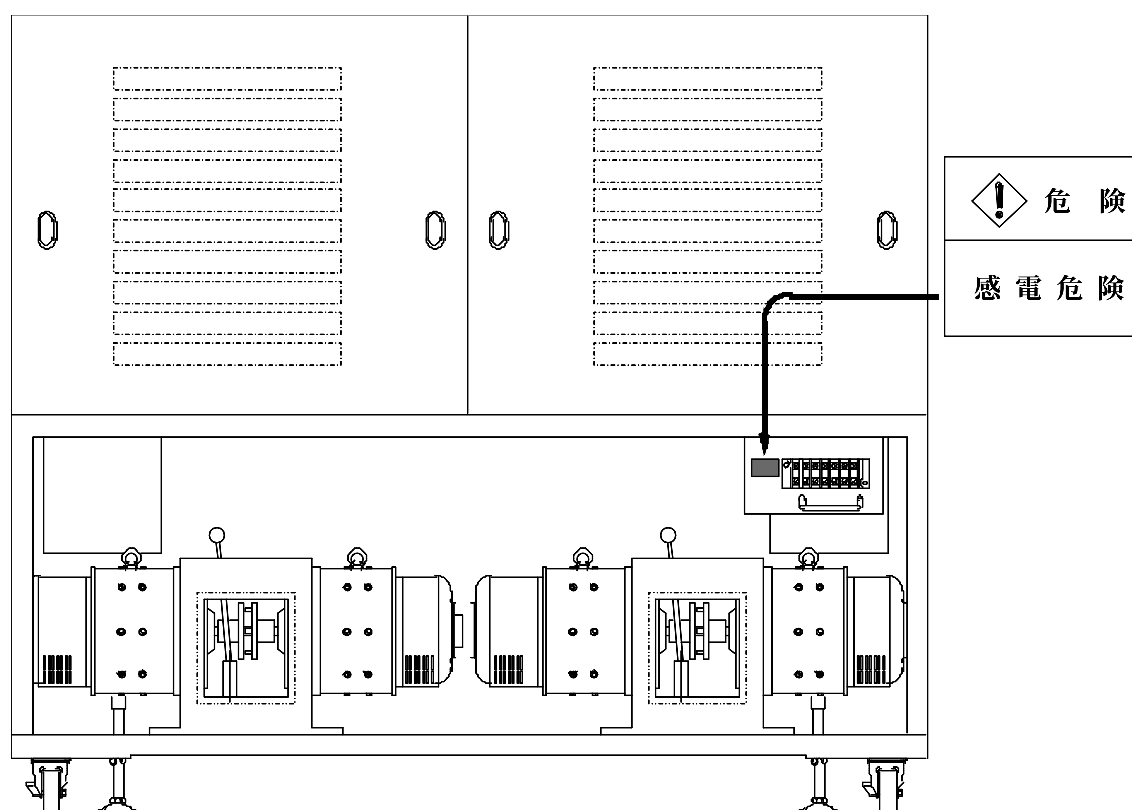
● 正当な理由のない限り分解、組立は行わないで下さい。

● 安全を確保する為、警告ラベルが剥がれたり汚損した場合は新しい物と取り換えて下さい。

3.警告ラベル貼付位置

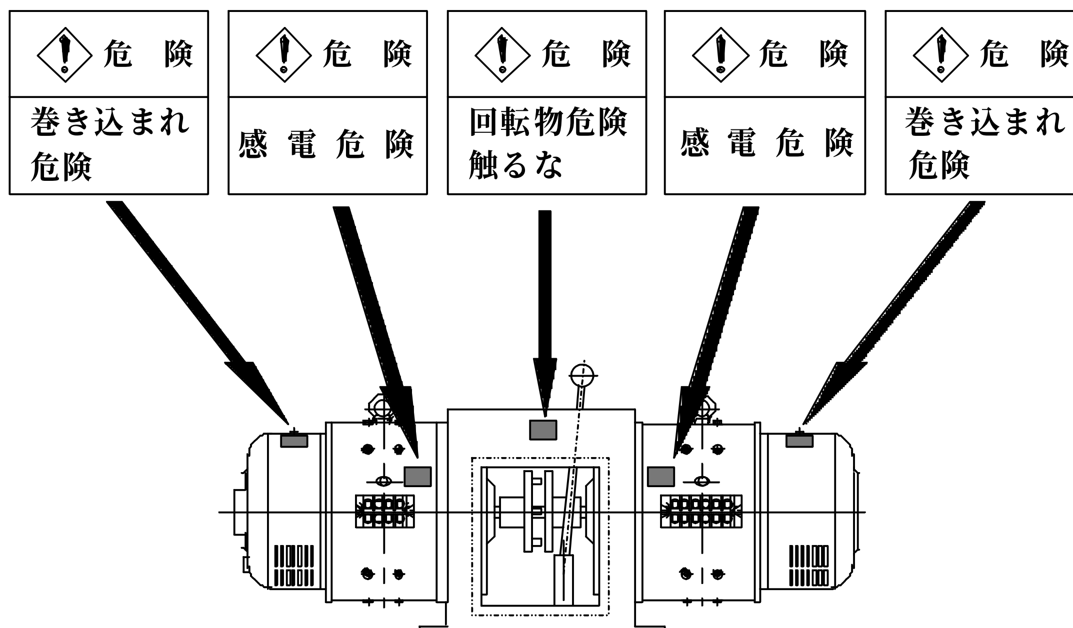
図中の ▒ は警告ラベルを表します。





3.警告ラベル貼付位置

図中の ▭ は警告ラベルを表します。



※ 1号機、2号機共に同種のラベルが同位置に貼り付けられています。

□ 警告ラベル（巻き込まれ危険）は防滴板上部に貼り付け。
□ 警告ラベル（感電危険）は端子台上方に貼り付け。
□ 警告ラベル（回転物危険触るな）は直結枠上部の前後に貼り付け。

4.定格仕様

■　電動発電機

電動発電機の仕様は１号機および２号機共に同一です。

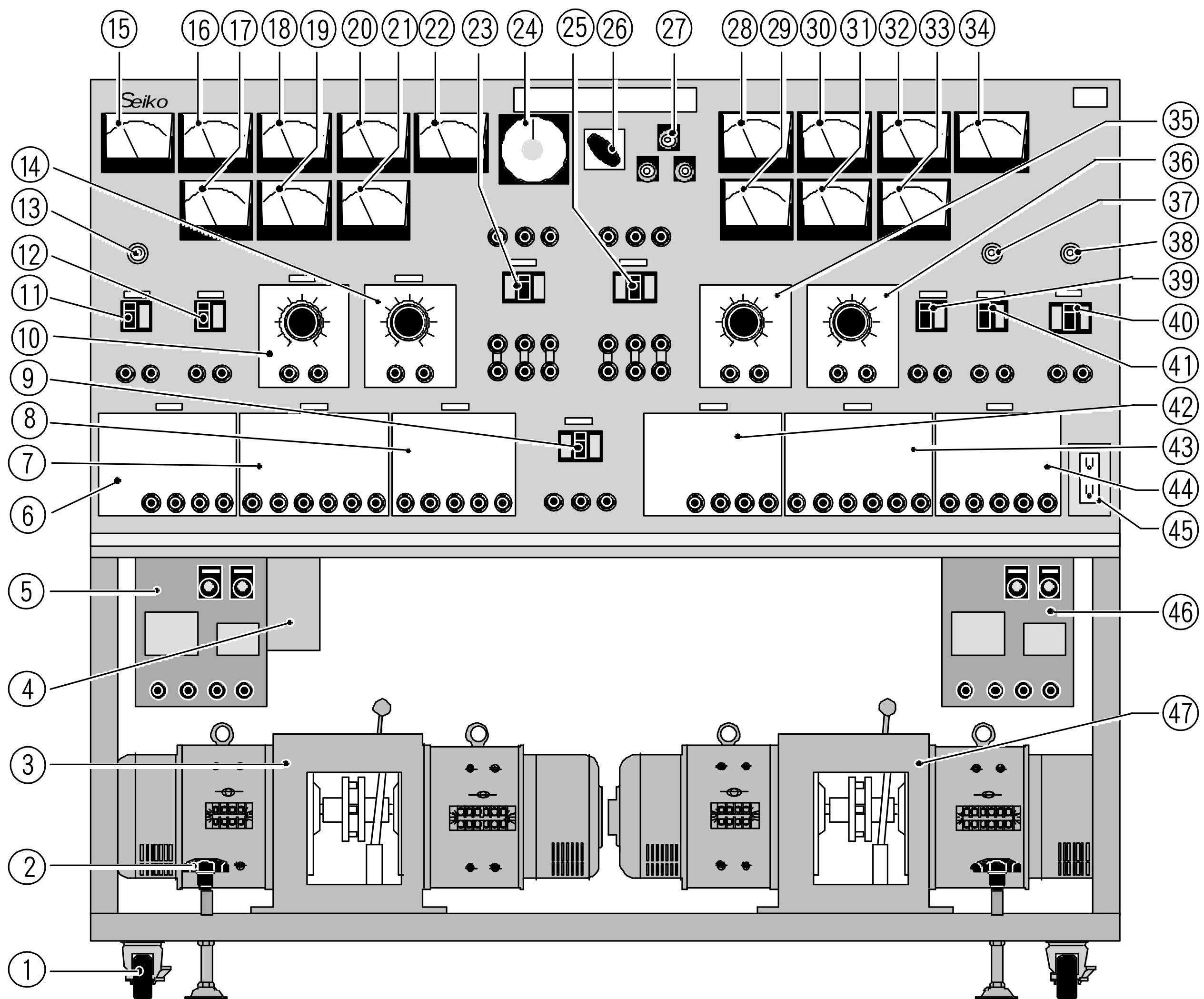
形式	PRD-120P-A		PRD-120P-B	
	電動機	発電機	電動機	発電機
機種	直流	三相同期	直流	三相同期
容量	1.5 kW	1 kW	1.5kW	1 kW
極数	4 P	4 P	4 P	4 P
回転速度	1500 min^{-1}	1500 min^{-1}	1800 min^{-1}	1800 min^{-1}
電圧	100 V	200 V	100 V	220 V
電流	19 A	2.9 A	19 A	2.62 A
巻線方式	分巻	他励	分巻	他励
周波数	―	50 Hz	―	60 Hz
相数	―	3φ3W	―	3φ3W
時間定格	連続	連続	連続	連続
枠番号	SS-1.2D	4A-1.2	SS-1.2D	4A-1.2

4.定格仕様

■　実験装置盤

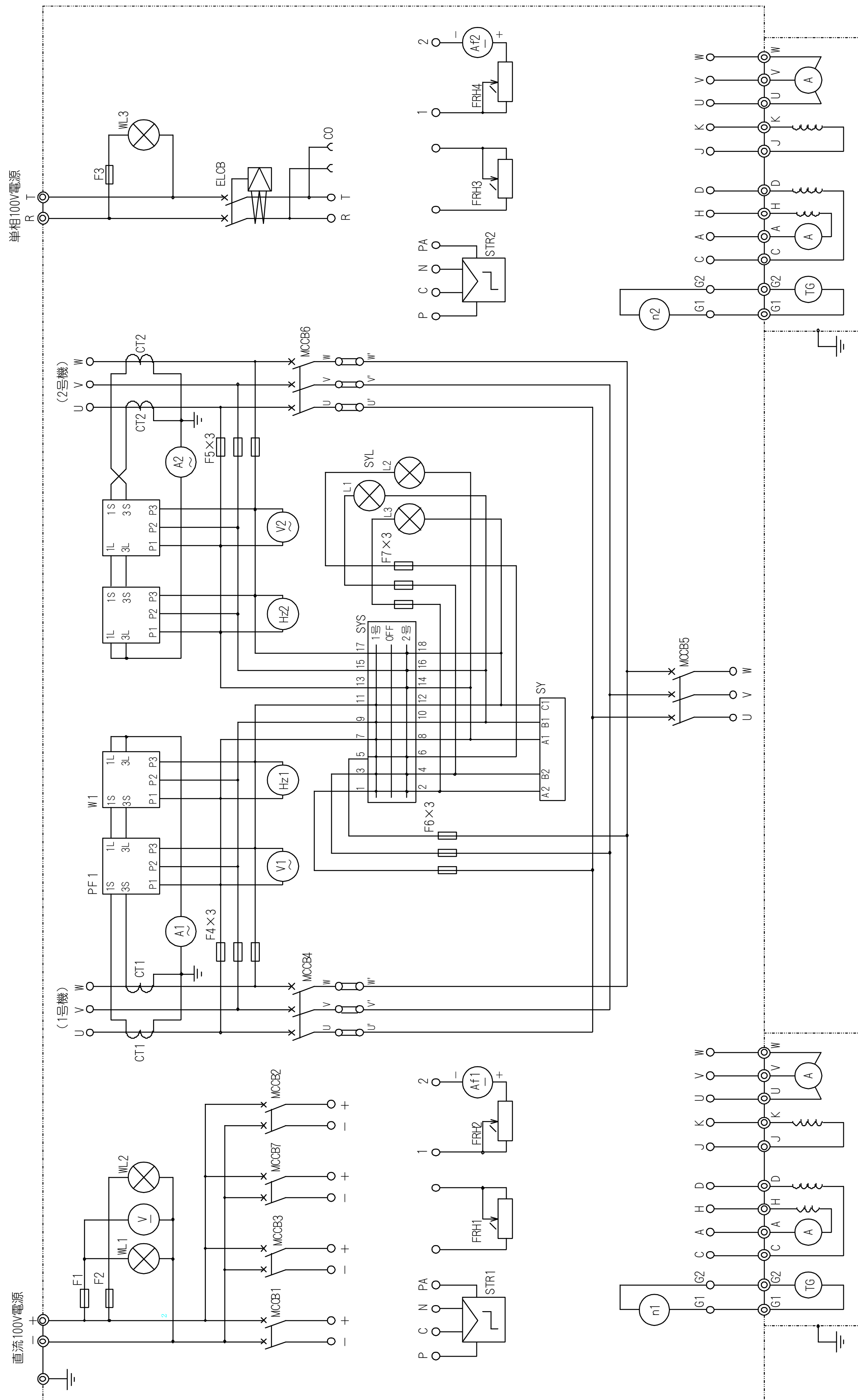
機器名		PRD-120P-A	PRD-120P-B
直流 100V 電源電圧計		DC　0～150V	DC　0～150V
発電機電圧計		AC　0～300V　2 個	AC　0～300V　2 個
発電機電流計		AC　0～5A　2 個	AC　0～5A　2 個
発電機界磁電流計		DC　0～2.5A　2 個	DC　0～2.5A　2 個
発電機周波数計		45～55Hz　2 個	55～65Hz　2 個
発電機力率計		Lead 0.5～1～Lag 0.5　2 個	Lead 0.5～1～Lag 0.5　2 個
発電機電力計		－1.2kw～0～1.5kW　2 個	－1.2kw～0～1.5kW　2 個
回転速度計		0～2500rpm　2 個	0～2500rpm　2 個
同期検定器		三相方式　回転磁界可動鉄片形	三相方式　回転磁界可動鉄片形
直流 100V 電源遮断器		30AF/20AT　2P　2 個	30AF/20AT　2P　2 個
単相 100V 電源遮断器		30AF/10AT　2P	30AF/10AT　2P
発電機励磁電源遮断器		30AF/5AT　2P　2 個	30AF/5AT　2P　2 個
発電機負荷遮断器		30AF/10AT　3P　2 個	30AF/10AT　3P　2 個
母線負荷遮断器		30AF/15AT　3P	30AF/15AT　3P
直流 100V 電源表示灯		DC　100V　LED	DC　100V　LED
単相 100V 電源表示灯		AC　100V　LED	AC　100V　LED
同期検定灯		AC　400V　白熱灯　3 個	AC　440V　白熱灯　3 個
同期検定器切換器		20A　カムスイッチ	20A　カムスイッチ
電動機用始動抵抗器		STD-1　2 台	STD-1　2 台
電動機用界磁調整器		200W　150Ω　B　2 個	200W　150Ω　B　2 個
発電機用界磁調整器		300W　150Ω　A　2 個	300W　150Ω　A　2 個
単相 100V コンセント		接地付ダブルコンセント	接地付ダブルコンセント
ディスプレイ		始動抵抗器　2 枚	始動抵抗器　2 枚
		直流分巻電動機　2 枚	直流分巻電動機　2 枚
		電動機用界磁調整器　2 枚	電動機用界磁調整器　2 枚
		三相同期発電機　2 枚	三相同期発電機　2 枚
		発電機用界磁調整器　2 枚	発電機用界磁調整器　2 枚
電源端子台		600V　50A 定格	600V　50A 定格
キャスター		φ75　ストッパー付　4 個	φ75　ストッパー付　4 個
ストッパー		前面操作　2 個	前面操作　2 個
寸法	W	1700 mm	1700 mm
	H	1500 mm	1500 mm
	D	700 mm	700 mm
全体質量（約）		420 kg	420 kg

5.実験装置機器配置



1	キャスター	17	電流計(1号発電機界磁)	33	電力計(2号発電機出力)
2	ストッパー	18	電圧計(1号発電機出力)	34	回転速度計(2号電動機)
3	1号電動発電機	19	力率計(1号発電機出力)	35	界磁調整器(2号電動機)
4	電源端子台	20	周波数計(1号発電機出力)	36	界磁調整器(2号発電機)
5	始動抵抗器	21	電力計(1号発電機出力)	37	電源表示灯(直流100V電源)
6	ディスプレイ(始動抵抗器)	22	回転速度計(1号電動機)	38	電源表示灯(単相100V電源)
7	ディスプレイ(1号電動機)	23	負荷遮断器(1号発電機)	39	励磁電源遮断器(2号発電機)
8	ディスプレイ(1号発電機)	24	同期検定器	40	遮断器(単相 100V 電源)
9	母線負荷遮断器	25	負荷遮断器(2号発電機)	41	遮断器(直流 100V 電源)
10	界磁調整器(1号電動機)	26	同期検定器切換器	42	ディスプレイ(始動抵抗器)
11	遮断器(直流 100V 電源)	27	同期検定灯	43	ディスプレイ(2号電動機)
12	励磁電源遮断器(1号発電機)	28	電流計(2号発電機出力)	44	ディスプレイ(2号発電機)
13	電源表示灯(直流 100V)	29	電流計(2号発電機界磁)	45	単相 100V コンセント
14	界磁調整器(1号発電機)	30	電圧計(2号発電機出力)	46	始動抵抗器
15	電圧計(直流 100V 電源)	31	力率計(2号発電機出力)	47	2号電動発電機
16	電流計(1号発電機出力)	32	周波数計(2号発電機出力)		

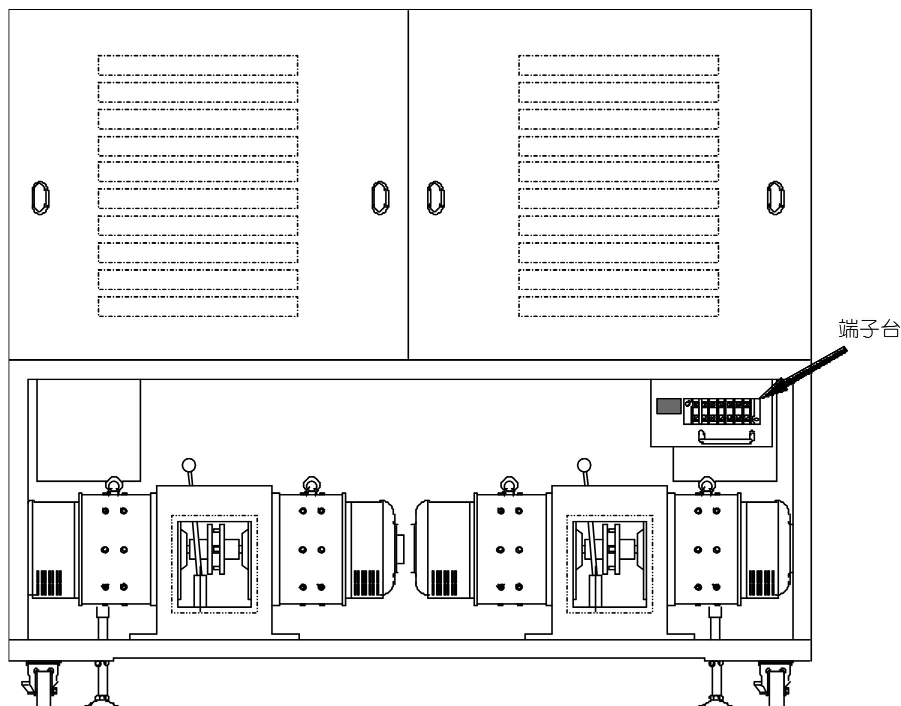
6.盤面取付機器の配線



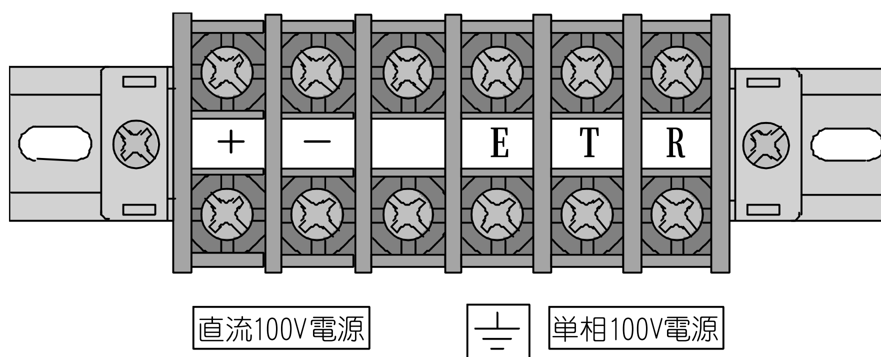
7.電源入力端子台

電源入力端子台には、直流 100V 電源、および単相 100V 電源が接続できます。
それぞれの入力最大電流値は、前項 6.盤面取付機器の配線に示されているように遮断器の定格電流により決定されます。遮断器容量は、4.定格仕様[実験装置盤]に記載されています。
電源供給配線は、電流容量と配線長さによる電圧降下を考慮したサイズの電線を使用してください。
また、接地は感電事故防止のため電気設備技術基準に該当する接地を行ってください。

端子台位置（背面より見た図）



端子台配列（背面より見た図）



定格	
絶縁電圧	600V
適合圧着端子と最大電流	3.5mm^2 －30A 5.5mm^2 －40A 8mm^2 －50A
端子ネジ	M5×12 ± セルフアップ
締め付けトルク	2.2～2.8N・m

8.三相同期発電機の平行運転

並列運転とは、2 台以上の発電機が並列に接続され、一体となって運転されることをいいます。また、発電機を母線に接続することを同期投入（並列投入）といい、母線に接続されている発電機の負荷を調整することを負荷分担と呼んでいます。

1．平行運転の条件

同期発電機を平行運転する場合、各発電機が次の条件を満足していなければなりません。

（1） 定格電圧が等しいこと

（2） 定格周波数が等しいこと

（3） 電圧の位相が等しいこと

(1)の条件が満たされない場合は、無効循環電流(無効横流)が流れ、(2)の場合は、影響が大きく乱調の原因となります、(3)の場合は、同期化電流が発生します。

実際の運転で母線に同期発電機を並列に接続するには、両方の周波数が同一で、相回転が一致し、電圧の大きさが等しくなるよう調整し、電圧の位相が一致した瞬間に開閉器を閉じれば、突入電流が少なく、衝撃を小さくすることができます。

2．同期検定

ａ）同期検定灯

同期検定灯は、1 号機を母線側、2 号機を投入側とすると図 8-1(ａ)の様に接続されています。同図から L1、L2,L3 の電球にはそれぞれ E1－E1'、E2－E3'、E3－E2'となる電圧が加わっています。よって L1、L2、L3 の電圧ベクトルを Ea、Eb、Ec とすれば

Ea＝E1－E1'

Eb＝E2－E3'

Ec＝E3－E2'

となります。

図 8-1（a）

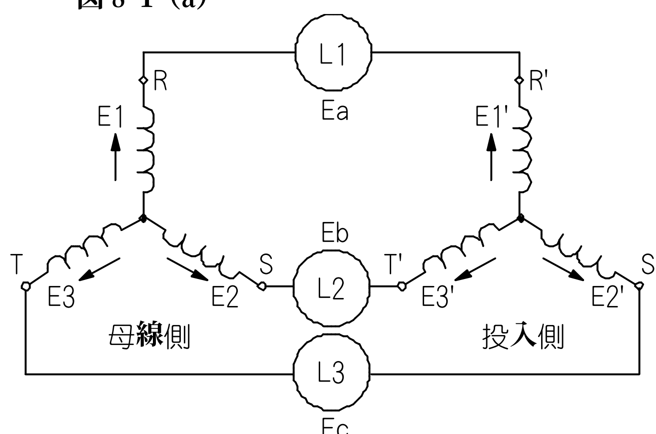
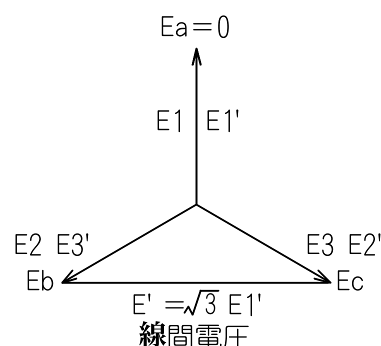


図 8-1（b）



母線側と投入側が同期となる場合には位相が等しくなるので、図 8-1(B)のベクトル図において L1 灯は相対する相に、L2、L3 灯は相が入れ違って接続されているので Ea＝0、Eb、Ec の値は線間電圧 E'に等しくなります。よって L1 灯は消え、L2、L3 灯は E'＝√3 E1'なる線間電圧をうけて明るさが等しくなります。

母線側に対して投入側の速度が速い場合、L1→L2→L3→L1 と時計方向に点滅が回転します。速度が遅い場合は反時計方向に点滅します。

3．同期検定器

図 8-2

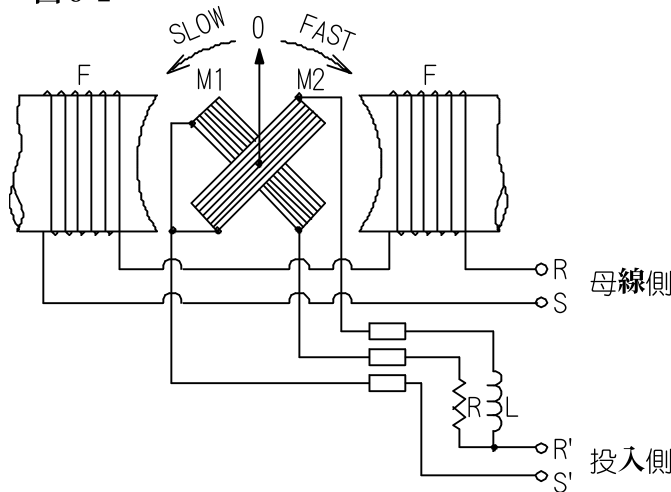


図 8-2 において、F は固定コイルで、M1,M2 コイルは互いに直角に結合され軸に取り付けられていて指針が装備されています。M1 コイルには抵抗 R を、M2 コイルにはインダクタンス L がそれぞれ直列に接続されています。この回路は、平行運転しようとしている投入側にその端子 R'、S'で接続され、成層鉄心に巻かれた固定コイル F にはその端子 R、S が母線側に接続されています。
この基本原理は固定コイル F の電源による交番磁界と可動コイル M1（抵抗 R が接続されている）と M2（インダクタンスの大きい L が接続されている）が作る回転する磁界との相互作用によって動作するようになっています。
表 8-1 は、母線側と投入側の周波数および位相による指針の状態を表しています。指針が直立し静止したときが、同期になった状態を示します。

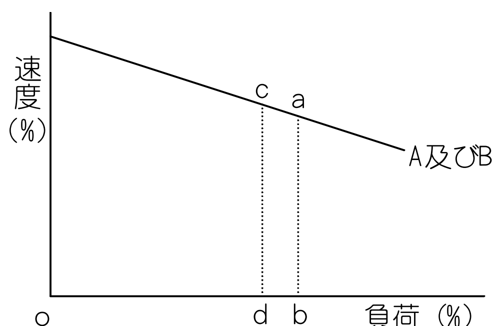
表 8-1

周波数	位相	指針位置	
周波数は等しい	位相は一致	SLOW ▮ FAST	直立静止
	投入側が進んでいる	SLOW ▮ FAST	FAST 側で静止
	投入側が遅れている	SLOW ▮ FAST	SLOW 側で静止
周波数は等しくない	投入側の速度が速い	SLOW ▮ FAST	FAST 側(時計方向)に回転
	投入側の速度が遅い	SLOW ▮ FAST	SLOW 側(反時計方向)に回転

4．負荷分担

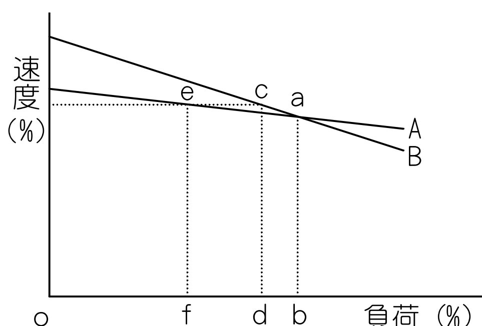
同期投入された発電機に負荷を移すには、原動機を調整し、その回転速度を上げます。
また、負荷を軽くするには原動機の回転速度を下げて調整します。
一般の場合並列運転をしている同期発電機の発電電圧を上昇させてもその負荷を増加することはできず、励磁電流を増加させれば単に循環電流（無効横流）が増加してその端子電圧を等しくしようとする作用が働くのみとなります。
負荷を増加させた発電機は、その電機子のインピーダンス電圧降下が増加し、端子電圧が降下しますのでその変化を補償するために発電機の励磁を調整します。

図 8-3



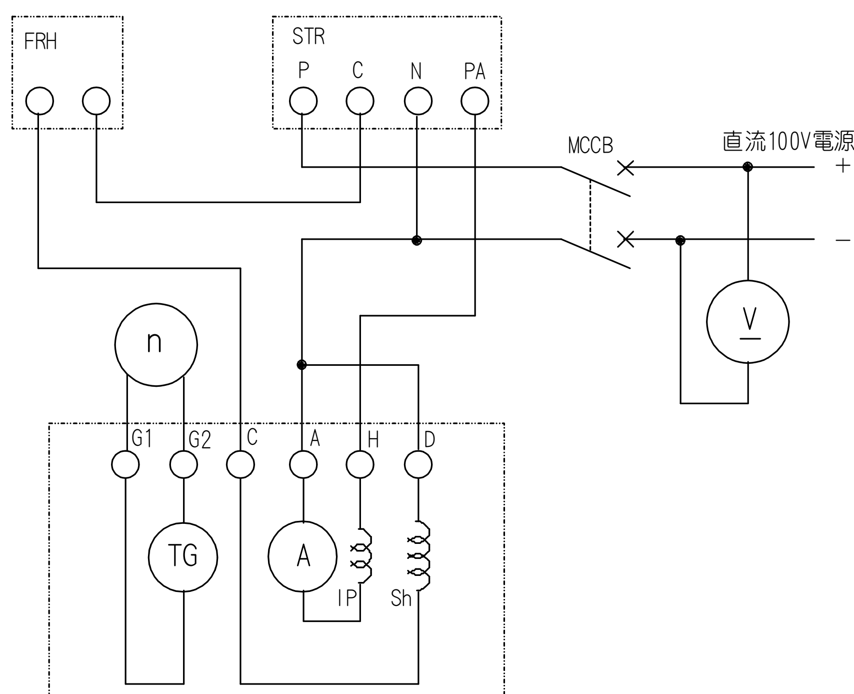
母線に並列運転されている発電機を A 機、B 機とすると、両機の原動機の速度特性が図 8-3 のように完全に一致していれば母線負荷(%)が ob から od に変化しても両機の速度(%)が同一であるから両機とも od(%)の負荷を分担し、負荷分担の変動は零となります。
両原動機の速度調整が一致していない場合、図 8-4 において曲線 A 及び曲線 B を平行運転にある各発電機用原動機の速度特性曲線とすると、両機がそれぞれ ab の百分率速度で ob の負荷を分担しているものと仮定します。そこで負荷が減少すると原動機の速度は、それぞれ曲線 A 及び曲線 B に沿って上昇します。このとき、両機の速度(%)が同一となる cd＝ef で新しい負荷分担となり、A 機は of、B 機は od の負荷を分担します。このことから速度特性が異なる時は、負荷が減少した場合、速度が大きくなる B 機の方が A 機より多く負荷を分担し、逆に ob(%)より負荷が増大した場合、速度が大きくなる A 機の方が B 機より多く負荷を分担します。

図 8-4

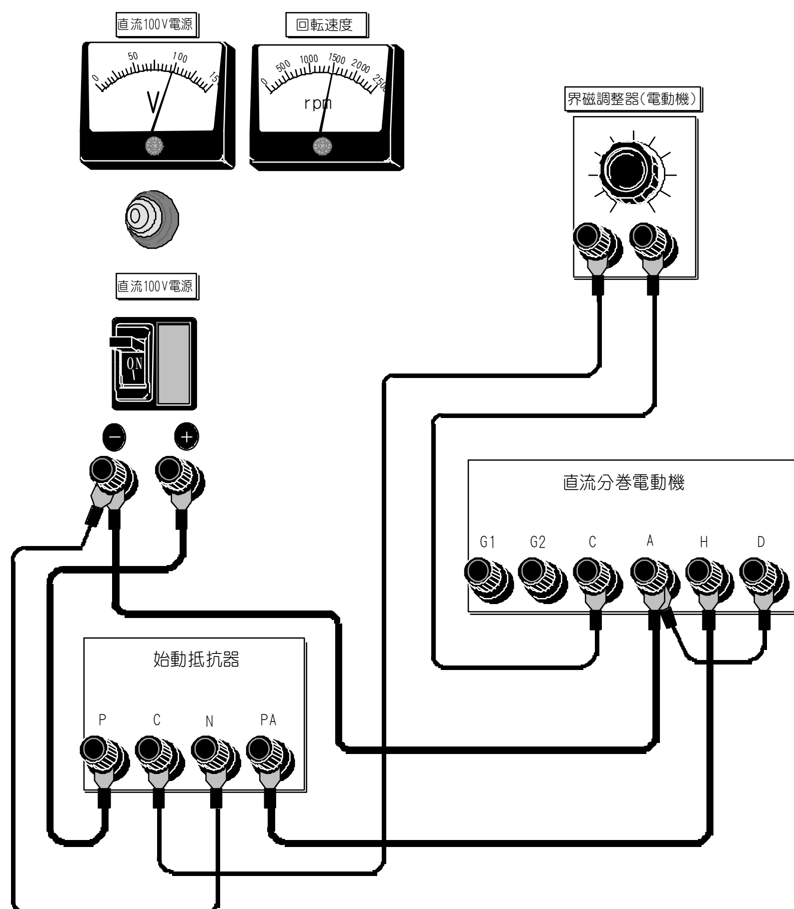


9.平行運転　[同期投入]

■　直流分巻電動機の配線　（1 号機、2 号機共に同一です）

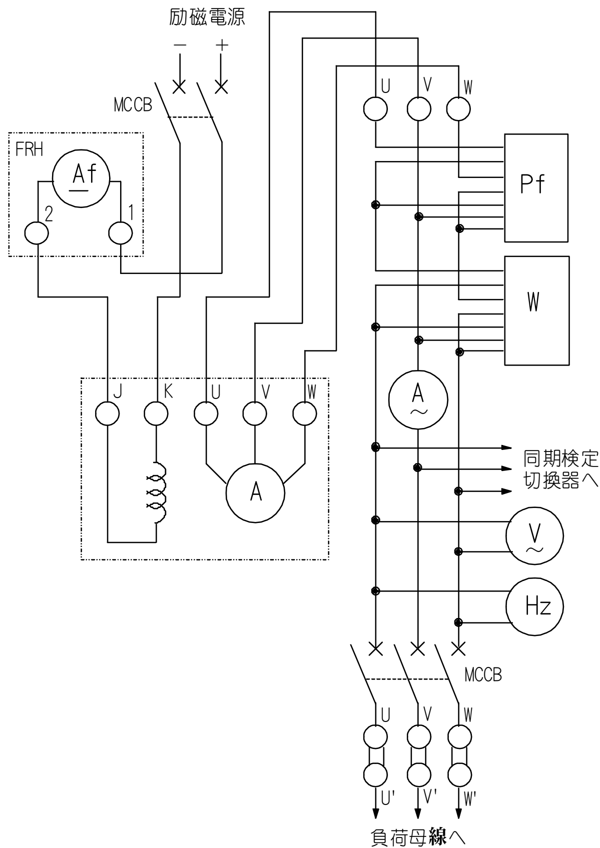


■　直流電動機の盤面配線　（1 号機、2 号機共に同一です）

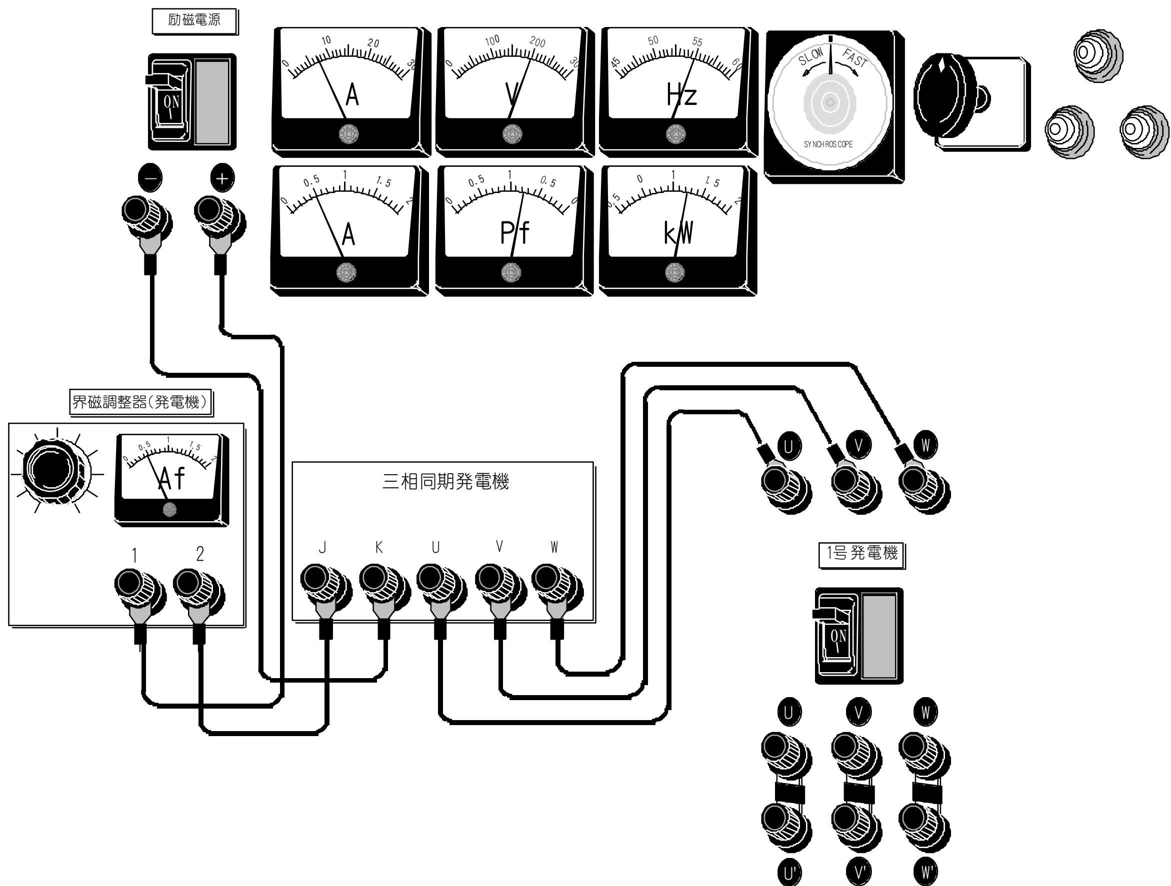


9.平行運転　[同期投入]

■　三相同期発電機の配線　（1 号機、2 号機共に同一です）

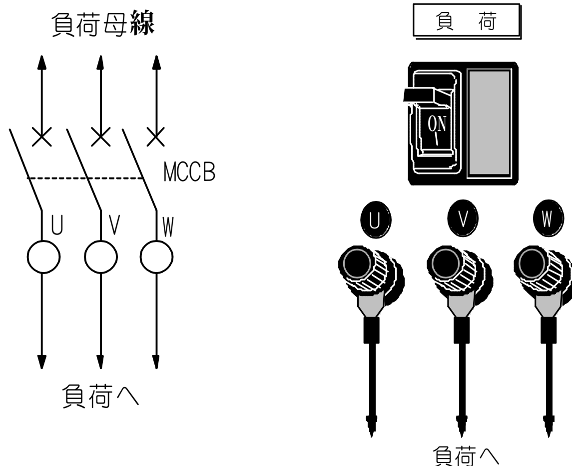


■　三相同期発電機の盤面配線　（1 号機、2 号機共に同一です）



9.平行運転　[同期投入]

■　負荷の配線



■　実験順序

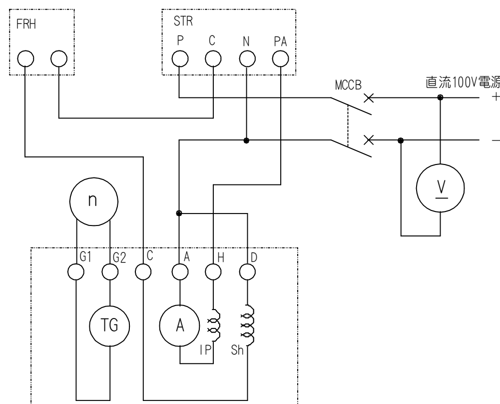
（1）配線図を参考にして1号機、2号機共に結線をします。(負荷も接続してください)
（2）1号機の「直流100V電源」遮断器をONにします。
（3）始動抵抗器のONボタンを押して、1号機の電動機を始動します。
（4）「界磁調整器(電動機)」を調整して定格回転数に合わせます。
（5）1号発電機の「励磁電源」遮断器をONにして発電させ、界磁調整器で電圧を定格電圧にします。
（6）「1号発電機」負荷遮断器をONにして母線に接続します。
（7）「負荷」遮断器をONにして負荷を接続し、負荷を約80%程度掛けます。この状態で発電機を定格周波数、定格電圧に合わせるようそれぞれの界磁調整器を調整します。
（8）2号機の「直流100V電源」遮断器をONにして、1号機と同様に始動し、定格回転数に調整します。
（9）2号発電機の発電電圧を定格電圧に合わせます。
(10) 可能であれば、相回転計により双方の相回転が同じであることを確かめます。
(11) 同期検定器切換器を2号機側に入れます。
(12) 同期検定器および同期検定灯が動作し、8.三相同期発電機の平行運転　表8-1で示されている状態を確認します。
(13) 同期検定器の指針が静止している場合またはSLOW側(反時計方向)に回転している場合は、2号機の回転速度を速くして、指針がゆっくりと FAST 側(時計方向)に回転するよう調整します。また、指針がFAST側（時計方向）に早く回転している場合は、2号機の回転速度が遅くなるよう調整し、指針がゆっくりとFAST側(時計方向)に回転するようにします。
(14) 同期検定器の回転方向および回転速度と同期検定灯の点灯状態を観察します。
(15) 1号機、2号機の発電電圧、周波数が定格値になっているか確認します。
(16) 2号機の「界磁調整器（電動機）」を調整し、同期検定灯の指針がFAST側にゆっくりと回転し、且つ指針が最上部にきたとき素早く「2号発電機」負荷遮断器をONにします。
(17) 同期検定灯の最上部1灯が消え、他の2灯が同じ明るさで点灯していること、また電力計がマイナス側に振れて逆電力になっていないことを確認します。
(18)「2号発電機」負荷遮断器をOFFにし、順次操作を行い1号機も停止します。
(19) 2号機を先発、1号機を後発とし同じ操作をおこないます。

10.平行運転　[負荷分担]

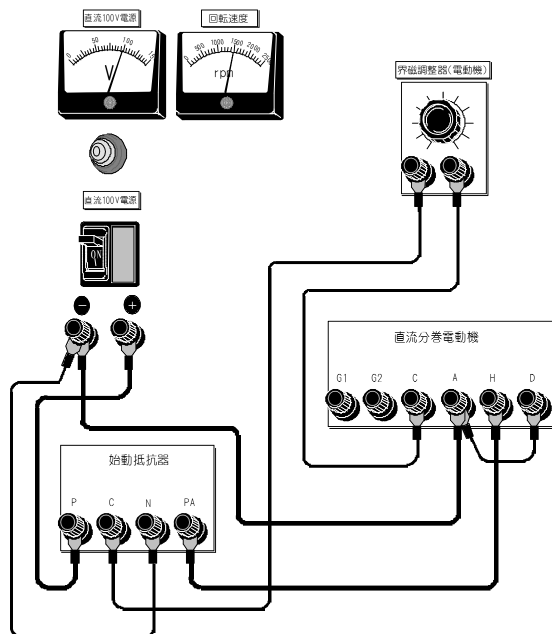
母線に接続されて平行運転中の同期発電機の有効電力を分担させるには、原動機の速度を調整して行います。また、無効電力の分担は各同期発電機の界磁電流を調整して、発電機の負荷力率が同じになるように操作します。これらが不適当であると無効横流が流れて発電機の力率にアンバランスが生じ、無駄に容量を失うことになります。

※ 結線は、1号機、2号機共に前項の「同期投入」と同じです。

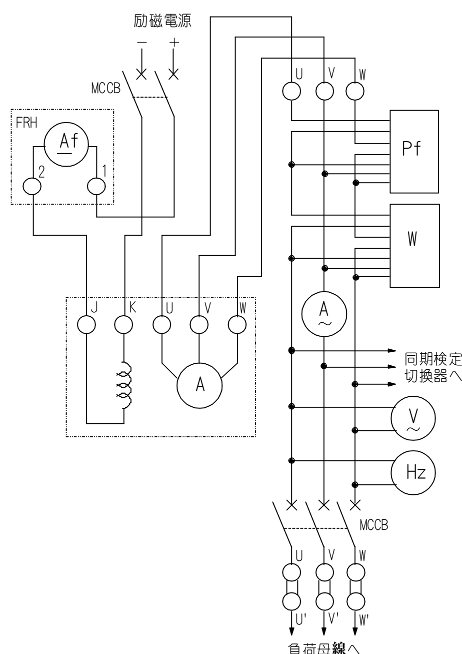
■ 直流分巻電動機の配線



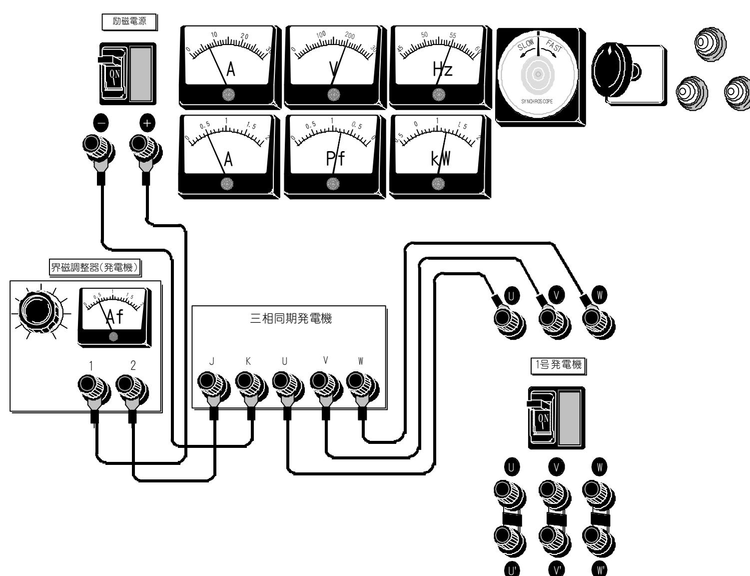
■ 直流分巻電動機の盤面配線



■ 三相同期発電機の配線

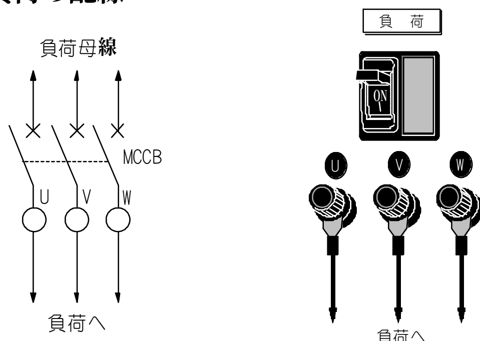


■ 三相同期発電機の盤面配線



10.平行運転　[負荷分担]

■　負荷の配線



■　実験順序

（1）配線図を参考にして1号機、2号機共に結線をします。（負荷も接続してください）

（2）前項9.平行運転[同期投入]と同様に1号機、2号機を運転し、同期投入します。

（3）2号直流電動機の「界磁調整器（電動機）」を速度上昇方向へ回転させると共に、1号直流電動機の「界磁調整器（電動機）」を速度下降方向へわずか回します。これにより負荷電力が1号機より2号機へ移りますので、両機が同じ電力となるようにそれぞれの電動機界磁を調整します。

（4）それぞれの力率計を読み変化が生じている場合は、各発電機の「界磁調整器（発電機）」を調整し、1号機、2号機共に定格電圧で、同じ力率となるよう調整します。

（5）1号機、2号機の電動機、発電機の界磁調整器は操作せずに負荷を増加または減少させて、各機の負荷分担状況を表10-1に記録します。

（6）上記の実験が終了したら、平行運転の状態を維持し、有効電力と無効横流の関係を考察します。

（7）1号機、2号機を平行運転の状態で負荷を調整し、力率100%で各機の負荷が50%となるようにします。

（8）1号直流電動機の速度を調整して1号機の出力を50～0%、0～100%まで変化させ、各負荷における値を表 10-1 に記録します。この時、各機の力率に変化があったら界磁調整器で力率100%に調整します、

（9）1号機、2号機共に、力率100%で各機の負荷が50%となるようにします。

（10）1号発電機の界磁調整器を増加または減少させて各値を表10-1に記録します。これの依り無効横流が流れ、力率にアンバランスが生じますが、出力（有効電力）に変化がないことを確かめます。

（11）1号機、2号機共に、力率100%で各機の負荷が50%となるようにします。

（12）1号直流電動機の速度を調整して、2号機に負荷を移行させます。

（13）1号機が無負荷となったら平行運転から脱し、停止させます。

（14）2号機の負荷を零にし、「負荷」遮断器をOFFにして、2号機を停止させます。

（15）表12-1の記録から、図12-1、図12-2のグラフをそれぞれ描きます。

10.平行運転　[負荷分担]

表 10-1

1号機						2号機					
発電電圧 Va(V)	電機子電流 Ia(A)	周波数 f (Hz)	界磁電流 If(A)	出力 Po(W)	力率 Cosφ (%)	発電電圧 Va(V)	電機子電流 Ia(A)	周波数 f (Hz)	界磁電流 If(A)	出力 Po(W)	力率 Cosφ (%)

図 10-1　有効電力移行特性グラフ

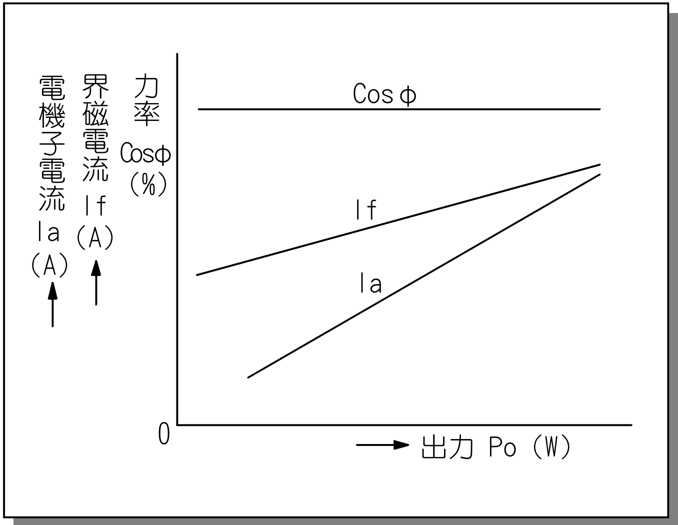


図 10-2　無効電力調整特性グラフ

